

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Culex sp.*

##### 2.1.1 Taksonomi

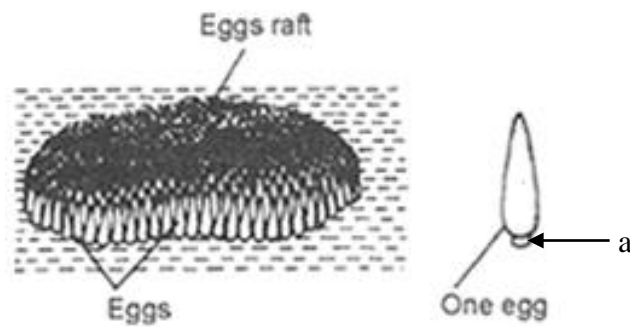
Klasifikasi *Culex sp.* adalah sebagai berikut (ITIS. 2016):

Filum : *Arthropoda*  
Kelas : *Insecta/ Hexapoda*  
Ordo : *Diptera*  
Subordo : *Nematocera*  
Famili : *Culicidae*  
Genus : *Culex*  
Species : *Culex sp.*

##### 2.1.2 Morfologi

###### 2.1.2.1 Telur

Telur nyamuk *Culex sp.* berbentuk seperti cerutu, pada salah satu ujungnya terdapat bentukan seperti topi yang disebut *corolla*. Telur diletakkan di atas permukaan air, walau tidak memiliki lateral float. Telur dilekatkan satu sama lain dan tersusun seperti rakit di atas permukaan air (Soebaktiningsih, 2015).



( Institute Of Tropical Medicine Antwerp, 2016 )

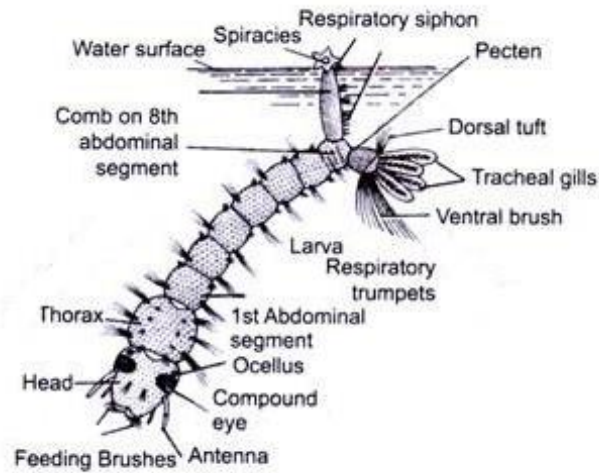
Gambar 2.1

Telur nyamuk *Culex sp.* (a) *Corolla*

#### 2.1.2.2 Larva

Larva nyamuk *Culex sp.* memiliki IV fase instar. Larva instar pertama keluar dari telur melalui *circular slit* pada dinding telur. Setelah berganti kulit 3x larva akan masuk pada fase instar IV. Pada fase instar IV, larva memiliki 3 bagian tubuh yang terdiri dari kepala, *thorax*, dan abdomen. Bagian kepala larva instar IV mengandung lapisan *chitine* yang lebih tebal daripada bagian tubuh yang lain, kompleks dorso ventral dengan satu pasang antena berbentuk seperti pasak, 1 pasang mata, 1 pasang *mouth brush* untuk menyapu makanan masuk ke mandibula (*chewing mouth part*). *Thorax* terdiri dari 3 segmen (*prothorax*, *mesothorax*, dan *metathorax*) yang menyatu, pada bagian lateral terdapat kelompok rambut yang bercabang. Abdomen terdiri dari 9 segmen, dengan 7 segmen pertama sama besar. Larva *Culex sp.* memiliki *siphon* pernapasan yang panjang dan langsing sehingga larva memposisikan diri membentuk sudut dengan permukaan air. *Siphon* larva *Culex sp.* memiliki beberapa pasang *ventral hair tuft* dan dua baris *pectin teeth*. Pada segmen abdomen ke-8 terdapat 1 pasang *spiracle*

pada ujungnya yang berfungsi sebagai lubang pernapasan yang berhubungan dengan trakea (Soebaktiningsih, 2015).



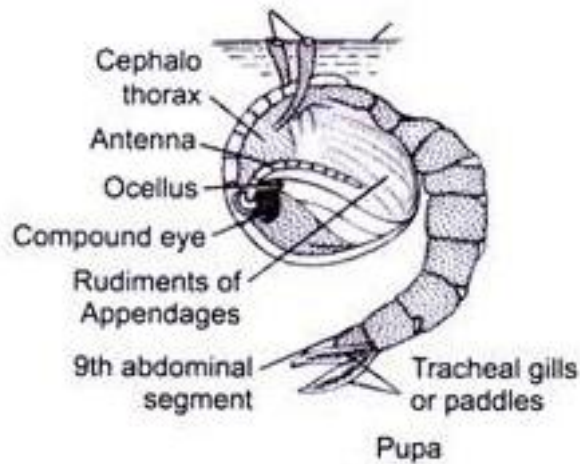
( Institute Of Tropical Medicine Antwerp, 2016 )

Gambar 2.2

Larva nyamuk *Culex sp.*

#### 2.1.2.3 Pupa

Pupa berbentuk notasi koma apabila dilihat dari lateral. Kepala dan *thorax* bersatu menjadi *cephalothorax* dengan abdomen melengkung. Pada bagian dorsal *cephalothorax* terdapat 1 pasang bentukan seperti terompet yang disebut *breathing tube* dan 1 pasang *palmate hair*. Pupa merupakan stadium yang tidak makan namun bergerak aktif secara *jerky movement*. Setelah 2-3 hari sebagai pupa, permukaan *dorsal cephalothorax* akan pecah dan nyamuk dewasa muncul melalui *slit* yang berbentuk seperti huruf T. Setelah sayapnya mengeras, nyamuk jantan dan nyamuk betina kawin (Soebaktiningsih, 2015).



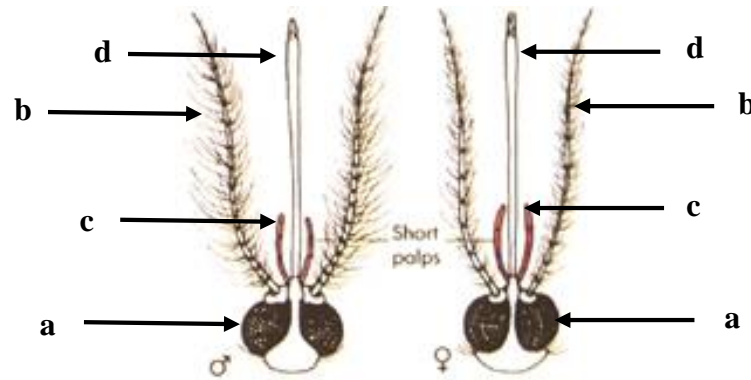
( Institute Of Tropical Medicine Antwerp, 2016 )

Gambar 2.3

Pupa nyamuk *Culex sp.*.

#### 2.1.2.4 Dewasa

Nyamuk *Culex sp.* dewasa memiliki tubuh langsing dengan tiga bagian: kepala, *thorax* dan abdomen. Kepala nyamuk *Culex sp.* berbentuk bulat oval atau *spheric*, memiliki 1 *proboscis*, dan 2 palpus sensorik. *Proboscis* nyamuk *Culex sp.* terdiri dari *labrum*, *mandibula*, *hipopharinx*, *maxilla*, dan *labium*. Kepala nyamuk memiliki 1 pasang mata *holoptic* untuk nyamuk jantan dan mata *dichoptic* untuk nyamuk betina serta 1 pasang antena yang terdiri dari 15 segmen. Antena nyamuk jantan berambut lebat (*plumose*) dan antena nyamuk betina berambut jarang (*pylose*). Pada stadium dewasa palpus nyamuk jantan setinggi *proboscis* dan ujungnya tidak menebal. Nyamuk betina mempunyai palpus yang lebih pendek daripada *proboscis*-nya. Nyamuk *Culex sp.* memiliki tipe mulut *piercing and sucking* (Soebaktiningsih, 2015).



( Institute Of Tropical Medicine Antwerp, 2016 )

Gambar 2.4

Kepala nyamuk jantan (kiri) dan kepala nyamuk betina (kanan)

(a) mata (b) antena (c) palpus (d) *proboscis*

*Thorax* terdiri dari 3 segmen yaitu *prothorax*, *mesothorax* dan *metathorax*. Pada masing-masing segmen terdapat 1 pasang kaki. Tiap segmen kaki terdiri dari *coxa*, *trochanter*, *femur*, *tibia* dan *tarsus* yang terdiri dari 5 segmen diakhiri dengan *claw* atau cakar (Soebaktiningsih, 2015). Bentuk *scutelum* sederhana seperti bulan sabit. Sepasang sayap keluar dari *mesothorax*, yang ukurannya lebih besar dari segmen lainnya. Sepasang sayap kedua berubah menjadi alat keseimbangan yang disebut *halter* keluar dari *mesothorax*. Sayap merupakan pelebaran ke lateral dari *tergum*, terdiri dari bagian *membraneus* dan bagian yang mirip pipa yang berhubungan dengan *haemocoele* dari *thorax* dan berisi *haemolymph*, *trachea* dan serat saraf. Pada bagian pinggir sayap ditumbuhi sisik-sisik sayap yang berkelompok membentuk gambaran belang-belang hitam dan putih dengan bagian ujung sisik sayap melengkung (Gandahusada, 1998).

Abdomen terdiri dari 10 segmen, tiap segmen abdomen terdiri dari *tergum* dan *sternum*. Abdomen berisi traktus sirkulatorius, traktus digestivus, traktus nervosus dan traktus reproduksi (Soebaktiningsih, 2015).



### 2.1.3 Siklus Hidup

Nyamuk *Culex sp.* merupakan Arthropoda dengan tipe *holometabolous metamorphose* (Soebaktiningsih, 2015) dengan 4 stadium dalam siklus hidup yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa. Tiga tahap pertama perkembangbiakan nyamuk berada di air selama 5-14 hari, tergantung pada suhu lingkungan (CDC, 2015a). Setelah berkembang melalui 4 tahapan atau instar, larva bermetamorfosis menjadi pupa. Pada akhir setiap instar, larva akan melepaskan eksoskeleton atau kulit untuk memungkinkan pertumbuhan pada stadium lebih lanjut (CDC, 2015a).

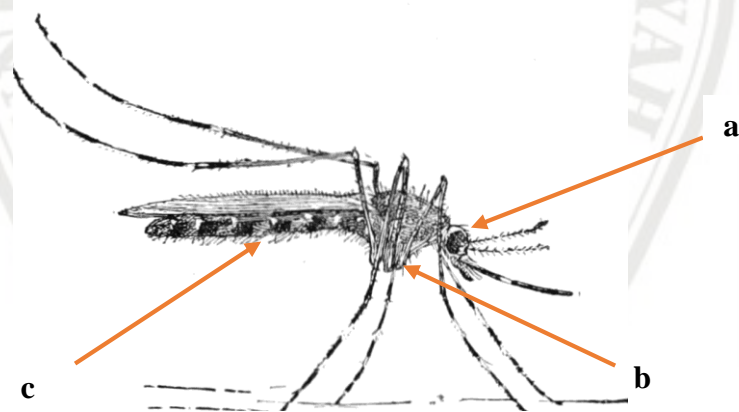
Siklus hidup nyamuk *Culex sp.* dari telur sampai dewasa umumnya antara 13-16 hari. Nyamuk mulai menghisap darah pada 2 hari setelah muncul dari pupa dan bertelur 2-5 hari kemudian. Waktu yang dibutuhkan dari munculnya nyamuk dewasa sampai bertelur yang pertama berkisar antara 4-8 hari, sedang peletakan telur berikutnya terjadi paling cepat 2 hari dan paling lama 5 hari setelah menghisap darah. Nyamuk generasi baru akan muncul setiap 15 hari sekali. Nyamuk jantan maupun betina dapat bertahan hidup sekitar 25 hari, 50% nyamuk jantan hidup lebih dari 13 hari dan nyamuk betina dapat hidup lebih dari 12 hari (CDC, 2015a).

### 2.1.4 Fisiologi Umum

Perkawinan terjadi sebelum nyamuk mengisap darah. Nyamuk betina dewasa meletakkan telur sebanyak 50-200 butir secara tunggal langsung di atas air. Telur bersifat tidak tahan terhadap pengeringan dan akan menetas dalam waktu 2-3 hari, namun waktu penetasan dapat mencapai 2-3 minggu pada saat iklim dingin (CDC, 2015a). Abdomen

nyamuk berfungsi khusus untuk pencernaan makanan dan pematangan telur. Nyamuk memperoleh nutrisi dalam bentuk cairan. Abdomen akan mengembang ketika nyamuk betina menghisap darah. Darah dicerna sebagai sumber protein untuk produksi telur. Setelah bertelur nyamuk akan menghisap darah kembali untuk memenuhi nutrisi bagi perkembangan telur-telurnya. Makanan nyamuk jantan adalah sari tanaman seperti nektar, jus buah, dan getah (CDC, 2015b). Betina dewasa dapat hidup selama lebih dari 1 bulan di penangkaran, tetapi di alam kemungkinan bertahan hidupnya lebih singkat yaitu tidak lebih dari dua minggu (CDC, 2015a).

Pada posisi menggigit kepala, *thorax*, dan abdomen nyamuk *Culex* sp. akan membentuk sudut  $45^\circ$  dan akan berada pada posisi horizontal pada saat istirahat. (Soebaktiningsih, 2015).



(Institute Tropical Medicine of Antwerp, 2016)

Gambar 2.8

Posisi istirahat nyamuk *Culex* sp.

kepala (a), *thorax* (b) dan abdomen (c) sejajar dan terhadap bidang hinggap

Nyamuk *Culex* sp. berkembang biak di segala jenis air, mulai dari air jernih seperti air sumur, sumber air sampai air keruh, seperti air selokan, air rawa dan air payau (Soebaktiningsih, 2015). Aktivitas menggigit nyamuk *Culex* sp. bersifat eksofagik malam hari sebelum jam 24.00. Jarak terbang nyamuk berkisar  $\pm 1,6$  km (Hoedojo dan Sungkar, 2008).

Perilaku nyamuk untuk genus *Culex sp.* seperti tempat berkembang biak dan waktu aktivitas menggigit sangat penting diketahui oleh pengambil keputusan sebagai dasar pertimbangan untuk menentukan intervensi dalam pengendalian vektor yang lebih efektif (Kemenkes RI, 2011).

#### 2.1.5 Kepentingan Medis

Nyamuk *Culex sp.* berperan sebagai vektor parasit berupa cacing *Wucheria bancrofti* dan *Brugia malayi* yang menyebabkan penyakit *filariasis* atau *elephantiasis* dan disebut juga sebagai penyakit kaki gajah. Nyamuk *Culex sp.* bertindak sebagai *intermediate host* (Soebaktiningsih, 2015). Perjalanan klinis filariasis limfatik dibagi menjadi berikut (Wayangakar, 2015):

##### 1. Asimtomatik mikrofilaria

Pasien dengan mikrofilaria umumnya asimtomatik, meskipun banyak orang dengan mikrofilaria berat dapat berkembang menjadi granuloma inflamasi akut dan infeksi kronis sekunder hingga kerusakan limpa; warna urin seperti susu (*milk like*) menunjukkan adanya *chyluria* (urin mengandung *chyle* atau berlemak)

##### 2. Adenolimfangitis (ADL) akut

##### 3. Kronis, limfedema ireversibel

Gejala filariasis limfatik terutama disebabkan oleh adanya cacing dewasa yang berada di sistem limfatik. Gejala yang ditimbulkan sebagai berikut (Wayangakar, 2015):

##### 1. Demam

##### 2. Inguinal atau aksila limfadenopati



3. Testis dan/atau nyeri inguinal
4. pengelupasan kulit
5. Pembengkakan anggota gerak atau alat genitalia

Berikut ini merupakan beberapa sindrom akut yang dapat muncul pada filariasis (Wayangakar, 2015):

1. Adenolimfangitis (ADL) akut

Tanda dan gejala ADL termasuk serangan episodik demam yang berhubungan dengan peradangan pada kelenjar getah bening inguinal, testis, dan korda spermatika, disertai dengan limfedema. Pengelupasan kulit bagian tubuh yang terkena biasanya terjadi dengan episode resolusi (Pani, 1995).

2. Demam filarial

Demam filarial ditandai dengan adanya demam tanpa adenitis seperti pada ADL.

3. *Tropical pulmonary eosinophilia (TPE)*

*Tropical pulmonary eosinophilia (TPE)* adalah bentuk filariasis okultisme. Gejala yang muncul berupa batuk paroksismal kering, mengi, dyspnea, anoreksia, rasa tidak enak dan penurunan berat badan.

Gejala *TPE* biasanya disebabkan oleh respon inflamasi terhadap infeestasi. Secara khas ditemukan eosinofilia darah perifer dan temuan abnormal pada radiografi dada yang diamati. *TPE* biasanya terkait dengan *Wucheria bancrofti* atau infeksi *Brugia malayi*.

*Japanese encephalitis* (Gopalakrishnan *et al.* 2014) merupakan salah satu penyakit yang juga disebarkan oleh nyamuk *Culex sp.*, sebagai vektor *Japanese encephalitis* virus. Penyakit ini mempengaruhi semua kelompok umur, terutama pada anak di bawah usia 15 tahun (Campbell *et al.* 2011). distribusi jenis kelamin pasien menunjukkan dominasi laki-laki. Rasio kejadian penyakit pada laki-laki:perempuan adalah 2:1. Satu dari 200 individu yang terkena *Japanese encephalitis* akan berkembang mengalami sekuele (gejala sisa) psikoneurologis yang parah dalam bentuk parkinsonisme, gangguan kejang, kelainan motorik, gangguan kecerdasan, defisit pendengaran, keterbelakangan skolastik, gangguan bicara, tanda-tanda neurologis halus lainnya dan gangguan gerakan (Solomon dan Winter, 2004). Pada pasien *Japanese encephalitis* juga ditemukan adanya perubahan dalam kadar glukosa plasma (Tandon *et al.* 2002). Masa inkubasi adalah 6-16 hari. Durasi, tanda dan gejala klinis *Japanese encephalitis* dijelaskan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Durasi, Tanda dan Gejala *Japanese encephalitis*

Fase	Durasi inkubasi	Tanda dan gejala
Prodormal	1-6 hari	malaise umum, anoreksia, sakit kepala, demam, muntah. Pada anak-anak diare dan sakit perut mungkin menonjol.
Ensefalitis akut	7-13 hari	Fotofobia, hipereksitabilitas, tanda-tanda neurologis fokal, kekakuan otot, perasaan tumpul, wajah seperti topeng, gerakan mata gemetar, kelumpuhan saraf kranial, hilangnya koordinasi, adanya refleks patologis dan pada kasus yang berat dapat menyebabkan koma.
Konvalesen	14-15 hari	demam mereda, tanda-tanda neurologis cenderung membaik, suhu naik ke 42°C dan akhirnya terjadi kematian. Jika tidak ada kematian, maka akan mengarah pada fase jangka panjang berupa sekuele (gejala sisa) psikoneurologis

(Tiwari *et al.* 2012)

#### 2.1.6 Pengendalian

Pengendalian terhadap nyamuk *Culex sp.* dikelompokkan menjadi lima kategori sebagai berikut :

##### 2.1.6.1 Kimia

Penggunaan insektisida kimia merupakan cara yang efektif dalam pengendalian vektor penyakit karena bekerja dan memberikan efek toksik secara langsung. Cara kerja insektisida dalam tubuh serangga dikenal istilah *mode of action* dan cara masuk atau *mode of entry*. *Mode of action* adalah cara insektisida memberikan pengaruh melalui titik tangkap (*target site*) di dalam tubuh serangga. Titik tangkap pada serangga biasanya berupa enzim atau protein. Beberapa jenis insektisida dapat mempengaruhi lebih dari satu titik tangkap pada serangga. Apabila penggunaan insektisida kimia melebihi dari dosis yang disarankan atau terpapar terlalu lama akan menimbulkan berbagai efek samping bagi manusia seperti mual,

muntah, sesak napas, dan tanda-tanda intoksikasi lainnya sehingga menimbulkan masalah yang serius bagi manusia dan lingkungannya. penyemprotan dinding rumah dengan insektisida (*IRS/Indoors Residual Spraying*) merupakan salah satu aplikasi pengendalian vektor secara kimia (Kemenkes RI, 2012).

#### 2.1.6.2 Fisik

Metode pengendalian secara fisik dilakukan dengan pemakaian kelambu atau menggunakan kelambu berinsektisida, kawat kassa di ventilasi, jendela dan pintu serta raket elektrik (Kemenkes RI, 2012).

#### 2.1.6.3 Biologis

Penggunaan predator vektor alami seperti bakteri, protozoa, jamur, ikan, katak, dan predator lain untuk membunuh telur, larva dan pupa nyamuk (Kemenkes RI, 2012).

#### 2.1.6.4 Radiasi

Melakukan sterilisasi dengan bahan radioaktif tertentu terhadap nyamuk dewasa merupakan salah satu alternatif untuk upaya pengendalian vektor. Radiasi gamma dan neutron dapat dimanfaatkan untuk pengendalian vektor penyakit melalui teknik TSM (Teknik Serangga Mandul). Faktor yang berpengaruh terhadap proses kemandulan pada nyamuk ialah terjadinya infekunditas (tidak dapat menghasilkan telur), inaktivasi sperma, mutasi letal dominan, aspermia, dan ketidakmampuan kawin dari serangga betina atau jantan. Radiasi dapat mengurangi produksi telur yang disebabkan

karena tidak terjadinya proses oogenesis sehingga tidak terbentuk oogenia atau telur. Aspermia dapat menyebabkan kemandulan karena radiasi merusak spermatogenesis sehingga tidak terbentuk sperma. Inaktivasi sperma juga dapat menyebabkan kemandulan karena sperma tidak mampu bergerak untuk membuahi sel telur. Faktor penyebab kemandulan yang lain ialah ketidakmampuan kawin, hal ini karena radiasi merusak sel-sel somatik saluran genetalia interna sehingga tidak terjadi pembuahan sel telur. Irradiasi gamma menyebabkan penurunan yang sangat drastis terhadap presentase penetasan telur, dosis 90 Gy mampu menurunkan persentase penetasan telur hingga lebih dari 50%, bahkan untuk dosis 110 Gy mampu menurunkan persentase penetasan telur hingga 96 % (Nurhayati, 2008).

Faktor yang dianggap menyebabkan kemandulan pada serangga yang di irradiasi adalah mutasi lethal dominan. Dalam hal ini inti sel telur atau inti sperma mengalami kerusakan sebagai akibat radiasi sehingga terjadi mutasi gen. Mutasi lethal dominan tidak menghambat proses pembentukan gamet jantan maupun betina dan zigot yang terjadi juga tidak dihambat, namun embrio akan mengalami kematian. Prinsip dasar mekanisme kemandulan ini untuk selanjutnya dikembangkan sebagai dasar teknik pengendalian vektor penyakit, seperti malaria, DBD dan filariasis yang disebut Teknik Serangga Mandul. TSM menjadi salah satu alternatif pilihan cara yang dapat dipilih dan dipertimbangkan, karena lebih aman,



spesies spesifik, tidak menimbulkan resistensi dan pencemaran lingkungan (Nurhayati, 2008).

#### 2.1.6.5 Lingkungan

Dalam pengendalian dengan cara pengelolaan lingkungan telah dikenal dengan dua cara yaitu :

- 1) Perubahan Lingkungan (*Environmental Modification*)

Merupakan kegiatan perubahan fisik yang permanen terhadap tanah, air dan tanaman yang bertujuan untuk mencegah, menghilangkan, atau mengurangi tempat perindukan nyamuk tanpa menyebabkan pengaruh buruk terhadap kualitas lingkungan hidup manusia dan bersifat permanen. Kegiatan ini antara lain dapat berupa penimbunan (*filling*), pengeringan (*draining*), perataan permukaan tanah dan pembuatan bangunan, sehingga vektor dan binatang pengganggu tidak mungkin hidup (Hoedojo dan Zulhasril, 2008a).

- 2) Manipulasi Lingkungan (*Environmental Manipulation*)

Merupakan rangkaian kegiatan yang tidak memungkinkan vektor dan binatang pengganggu lainnya berkembang dengan baik. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan cara merubah kadar garam (*salinity*), pembersihan tanaman air atau lumut, dan penanaman pohon bakau pada pantai tempat perindukan nyamuk sehingga tempat itu tidak mendapatkan sinar matahari (Hoedojo dan Zulhasril, 2008a).

## 2.2 Insektisida

### 2.2.1 Definisi

Dalam Peraturan Pemerintah nomor 7 tahun 1973 tentang Pengawasan atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Insektisida, definisi insektisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik, serta virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia (Kemenkes RI, 2012)

### 2.2.2 Jenis

Aplikasi pengendalian vektor penyakit secara umum dikenal dua jenis insektisida yang bersifat kontak/non-residual dan insektisida residual. Insektisida kontak/non-residual merupakan insektisida yang langsung kontak dengan tubuh serangga saat diaplikasikan. Aplikasi kontak langsung dapat berupa penyemprotan udara (*space spray*) seperti pengkabutan panas (*thermal fogging*), dan pengkabutan dingin (*cold fogging*)/*Ultra Low Volume (ULV)*. Insektisida residual adalah insektisida yang diaplikasikan pada permukaan suatu tempat dengan harapan apabila serangga melewati/hinggap pada permukaan tersebut akan terpapar dan akhirnya mati. Umumnya insektisida yang bersifat residual adalah Insektisida dalam formulasi *wettable powder (WP)*, *water dispersible granule (WG)*, *suspension concentrate (SC)*, *capsule suspension (CS)*, dan serbuk.

### 2.2.3 Mekanisme resistensi

Mekanisme resistensi dapat digolongkan dalam dua kategori (Kemenkes RI, 2012), yaitu biokimiawi dan perilaku (*behavioural resistance*).

#### 2.2.3.1 Mekanisme Biokimiawi

Mekanisme biokimiawi berkaitan dengan fungsi enzimatis di dalam tubuh vektor yang mampu mengurai molekul insektisida menjadi molekul-molekul lain yang tidak toksik (detoksifikasi). Molekul insektisida harus berinteraksi dengan molekul target dalam tubuh vektor sehingga mampu menimbulkan keracunan terhadap sistem kehidupan vektor untuk dapat menimbulkan kematian. Detoksifikasi insektisida terjadi dalam tubuh spesies vektor karena meningkatnya populasi yang mengandung enzim yang mampu mengurai molekul insektisida. Tipe resistensi dengan mekanisme biokimiawi ini sering disebut sebagai resistensi enzimatis.

#### 2.2.3.2 Resistensi Perilaku (*Behavioural Resistance*)

Individu dari populasi mempunyai struktur eksoskelet sedemikian rupa sehingga insektisida tidak mampu masuk dalam tubuh vektor. Secara alami vektor menghindari kontak dengan insektisida, sehingga insektisida tidak mencapai target.

### 2.2.4 Syarat-syarat Insektisida yang Baik

Insektisida yang baik memiliki beberapa syarat, yaitu daya bunuh serangga yang besar dan cepat (*Quick Knockdown Effect*), aman bagi manusia dan hewan (vertebrata), susunan kimia stabil, tidak mudah

terbakar, penggunaannya mudah, murah, mudah didapat, dan tidak berwarna serta tidak berbau merangsang (Palumbo, 2011; Hoedjo dan Zulhasril, 2008a).

#### 2.2.3.1 *Knockdown Time*

*Knockdown Time (KT)* adalah waktu yang dibutuhkan oleh insektisida untuk menjatuhkan serangga. *Knockdown time* diukur dengan menghitung jumlah serangga yang jatuh selama interval waktu yang dibutuhkan agar semua serangga mati. Waktu yang dibutuhkan agar seluruh serangga mati disebut *KT100*, sedangkan waktu yang dibutuhkan agar insektisida dapat menjatuhkan setengah dari populasi disebut *Median Knockdown Time (MKDT)* atau *KT50* (Astari *et al.* 2005). Kategori suatu insektisida dapat dikatakan memiliki *knockdown effect* ditentukan oleh perolehan skor *KT50* yang diuraikan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Skor Insektisida berdasarkan *KT50*

<i>KT 50</i> (menit)	Skor	<i>Knockdown Effect</i>	Interpretasi
>50	0	-	-
31-50	1	-	-
16-30	2	-	-
11-15	3	+	<i>Knockdown</i> lemah
5-10	4	++	<i>Knockdown</i> kuat
<5	5	+++	<i>Knockdown</i> cepat

Sumber : WHO, 2006 dalam Abdullah, 2014

#### 2.2.3.2 *Knockdown Effect*

*Knockdown effect* merupakan parameter uji toksisitas insektisida. Suatu insektisida dapat dikatakan baik apabila memiliki *Quick Knockdown Effect* yaitu, dapat membunuh serangga dalam jumlah besar dalam waktu singkat (Astari *et al.* 2005).

Insektisida dapat dikategorikan memiliki *Quick Knockdown* apabila insektisida tersebut dapat membunuh setengah dari populasi (50%) dalam waktu yang singkat yakni kurang dari 5 menit, *knockdown* kuat dapat membunuh setengah dari populasi nyamuk (50%) dalam waktu 5-10 menit pertama dan *knockdown* lemah bila dapat membunuh setengah dari populasi (50%) dalam waktu 11-15 menit pertama (Abdullah, 2014).

#### 2.2.5 Insektisida Untuk Pengendalian Vektor

##### 1) Organofosfat (OP)

Insektisida ini bekerja dengan menghambat enzim kholinesterase. OP banyak digunakan dalam kegiatan pengendalian vektor, baik untuk *space spraying*, *IRS*, maupun larvasidasi. Contoh insektisida yang sudah digunakan adalah *malation*, *fenitrothion*, *temefos*, *metil-pirimifos*, dan lain lain (Kemenkes RI, 2012).

##### 2) Karbamat.

Cara kerja Insektisida ini identik dengan OP, namun bersifat reversibel (pulih kembali) sehingga relatif lebih aman dibandingkan OP. Contoh: bendiocarb, propoksur, dan lain lain (Kemenkes RI, 2012).

##### 3) Piretroid

Insektisida ini lebih dikenal sebagai *synthetic pyrethroid (SP)* yang bekerja mengganggu sistem syaraf. Golongan *SP* banyak digunakan dalam pengendalian vector untuk serangga dewasa (*space spraying* dan *IRS*), kelambu celup atau *Insecticide Treated Net*



(ITN), *Long Lasting Insecticidal Net (LLIN)*, dan berbagai formulasi insektisida rumah tangga. Contoh: *metoflutrín*, *transflutrín*, *d-fenotrin*, *lamda-sihalotrin*, *permetrin*, *sipermetrin*, *deltametrin*, *etofenproks*, dan lain-lain (Kemenkes RI, 2012).

#### 4) *Insect Growth Regulator (IGR)*

Kelompok senyawa yang dapat mengganggu proses perkembangan dan pertumbuhan serangga. *IGR* terbagi dalam dua kelas (Kemenkes RI, 2012) yaitu :

- a) Juvenoid atau sering juga dikenal dengan *Juvenile Hormone Analog (JHA)*. Pemberian juvenoid pada serangga berakibat pada perpanjangan stadium larva dan kegagalan menjadi pupa. Contoh *JHA* adalah *fenoksikarb*, *metopren*, *piriproksifen* dan lain-lain.
- b) Penghambat Sintesis Khitin atau *Chitin Synthesis Inhibitor (CSI)* mengganggu proses ganti kulit dengan cara menghambat pembentukan kitin. Contoh *CSI* yaitu diflubensuron, heksaflumuron dan lain-lain.

#### 5) Mikroba

Kelompok Insektisida ini berasal dari mikroorganisme yang berperan sebagai insektisida. Contoh: *Bacillus thuringiensis var israelensis (BTI)*, *Bacillus sphaericus (BS)*, *abamektin*, *spinosad*, dan lain-lain.

*Bacillus thuringiensis var israelensis (BTI)* bekerja sebagai racun perut, setelah tertelan kristal endotoksin larut yang

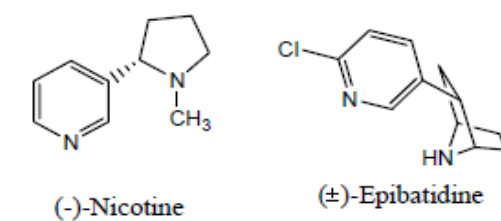
mengakibatkan sel epitel rusak dan serangga berhenti makan lalu mati. *Bacillus sphaericus* (BS) bekerja sama dengan BTI, namun bakteri ini diyakini mampu mendaur ulang diri di air akibat proliferasi dari spora dalam tubuh serangga, sehingga mempunyai residu jangka panjang. *Bacillus sphaericus* (BS) stabil pada air kotor atau air dengan kadar bahan organik tinggi.

Abamektin adalah bahan aktif insektisida yang dihasilkan oleh bakteri tanah *Streptomyces avermitilis*. Sasaran dari abamektin adalah reseptor  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) pada sistem saraf tepi. Insektisida ini merangsang pelepasan GABA yang mengakibatkan kelumpuhan pada serangga. Spinosad dihasilkan dari fermentasi jamur aktinomisetes *Saccharopolyspora spinosa*, sangat toksik terhadap larva *Aedes sp.* dan *Anopheles sp.* dengan residu cukup lama. Spinosad bekerja pada *postsynaptic nicotonic acetylcholine* dan GABA reseptor yang mengakibatkan tremor, paralisis dan kematian serangga (Kemenkes RI, 2012).

#### 6) Neonikotinoid

Neonicotinoid adalah insektisida yang mempunyai kemiripan struktur dengan nikotin. Aktivitas insektisidanya sangat luas khususnya terhadap serangga penghisap dan pengunyah dengan taraf penggunaan yang rendah melalui mekanisme kerja model baru dengan cara interaksi dengan reseptor target *nicotinic acetylcholine receptors* (nAChRs). Insektisida ini tidak menyebabkan resisten silang terhadap serangga lainnya, serta toksisitasnya selektif dengan

toksistas akut rendah terhadap burung, ikan dan mamalia. Toksistas menahun akan terjadi terhadap mamalia (Anshori, 2009).



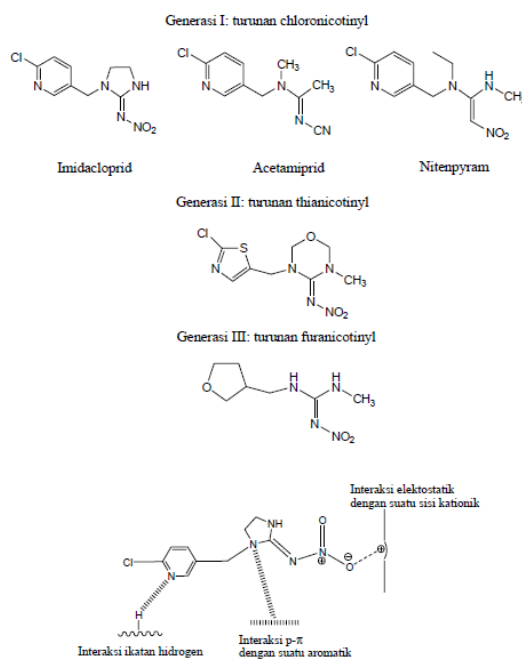
(-)-Nicotin dan Nicotinoid (±)-epibatidin

(Anshori, 2009)

Gambar 2.6

Struktur kimia Nikotin dan Nicotinoid

Insektisida ini bekerja pada sistem saraf pusat serangga yang menyebabkan gangguan pada reseptor *post synaptic acethylcoline* yang menyebabkan tremor, paralisis dan kematian serangga. Contoh: imidakloprid, tiametoksam, klotianidin dan lain-lain. (Kemenkes RI, 2012).



(Anshori, 2009)

Gambar 2.7

Mekanisme kerja Neonikotinoid dengan *nAChRs*.

### 7) Fenilpirasol

Insektisida ini bekerja memblokir celah klorida pada neuron yang diatur oleh *GABA*, sehingga berdampak perlambatan pengaruh *GABA* pada sistem saraf serangga. Contoh: fipronil dan lain-lain (Kemenkes RI, 2012).

### 8) Nabati

Insektisida nabati merupakan kelompok insektisida yang berasal dari tanaman. Contoh: *piretrum* atau *piretrin*, *nikotin*, *rotenon*, *limonen*, *azadirachtin*, sereh wangi dan lain-lain (Kemenkes RI, 2012).

### 9) Repelen

Repelen adalah bahan yang diaplikasikan langsung ke kulit, pakaian atau lainnya untuk mencegah kontak dengan serangga. Contoh: *DEET*, *etil-butil-asetilamino propionat* dan *ikaridin*. Repelen dari bahan alam adalah minyak sereh/sitronela (*citronellaoil*) dan minyak eukaliptus (*lemon eucalyptus oil*) (Kemenkes RI, 2012).

## 2.3 Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)

### 2.3.1 Taksonomi

Menurut *Integrated Taxonomic Information System (ITIS) North America* 2015, taksonomi tumbuhan tembakau adalah sebagai berikut :

Divisi : *Tracheophyta*

Klas : *Asteranae*

Ordo : *Solonales*

Famili : *Solonaceae*  
Genus : *Nicotiana*  
Species : *Nicotiana tabacum L.*

### 2.3.2 Morfologi

Secara morfologi tembakau dicirikan dengan keadaan tanaman yang kokoh dan besar dengan ketinggian tanaman sedang, daunnya tipis dan elastisi, bentuk daun bulat lebar, bermahkota silinder dan daunnya berwarna cerah (Listyanto, 2010). Deskripsi morfologi tembakau sebagai berikut :

#### 2.2.3.1 Akar

Tanaman tembakau merupakan tanaman berakar tunggang yang tumbuh tegak ke pusat bumi. Akar tunggangnya dapat menembus tanah kedalaman 50- 75 cm, sedangkan akar serabutnya menyebar ke samping. Selain itu, tanaman tembakau juga memiliki bulu-bulu akar. Perakaran akan berkembang baik jika tanahnya gembur, mudah menyerap air, dan subur (Suwarso *et al.* 2016)

#### 2.2.3.2 Batang

Tanaman Tembakau memiliki bentuk batang agak bulat, agak lunak tetapi kuat, makin ke ujung, makin kecil. Tingginya dapat mencapai 2 m. Batangnya berkayu, bulat berbulu dengan diameter sekitar 2 cm dan berwarna hijau. Ruas-ruas batang mengalami penebalan yang ditumbuhi daun, batang tanaman bercabang atau sedikit bercabang. Pada setiap ruas batang selain ditumbuhi daun, juga ditumbuhi tunas ketiak daun, diameter batang sekitar 5 cm.





(Campagna, 2015)

Gambar 2.8  
Batang tanaman tembakau.

#### 2.2.3.3 Daun

Daun Tembakau tunggal, berbulu, bulat telur, tepinya rata, ujung runcing, pangkalnya tumpul. Panjang daun antara 20-50 cm dan lebarnya 5-30 cm. Tangkai daun bewarna hijau kekuningan dengan panjang 1-2 cm (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012). Daun memiliki tulang-tulang menyirip, bagian tepi daun agak bergelombang dan licin. Lapisan atas daun terdiri atas lapisan *palisade parenchyma* dan *spongy parenchyma* pada bagian bawah. Jumlah daun dalam satu tanaman sekitar 28- 32 helai. Daun tembakau merupakan daun tunggal. Lebar daun 2 – 30 cm, panjang tangkai 1 – 2 cm, dan warna daunnya hijau keputih-putihan.



(Kishore, 2014)

Gambar 2.9  
Daun tanaman tembakau

#### 2.2.3.4 Bunga

Tanaman tembakau berbunga majemuk yang tersusun dalam beberapa tandan dan masing masing ujungnya terbagi 5. Tangkai bunga berbulu dan berwarna hijau. Bunga berbentuk terompet dan panjang, warna bunga merah jambu sampai merah tua pada bagian atas (Suwarso *et al.* 2016). Deskripsi morfologi bunga tanaman tembakau dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Kelopak bunga, berlekuk dan mempunyai lima buah pancung.
- 2) Mahkota bunga berbentuk terompet, berlekuk merah dan berwarna merah jambu atau merah tua dibagian atasnya. Sebuah bunga biasanya mempunyai lima benang sari yang melekat pada mahkota bunga, dan yang satu lebih pendek dari yang lain.
- 3) Bakal buah terletak diatas dasar bunga dan mempunyai dua ruang yang membesar.
- 4) Kepala putik terletak pada tabung bunga yang berdekatan dengan benang sari. Tinggi benang sari dan putik hampir

sama. Keadaan ini menyebabkan tanaman tembakau lebih banyak melakukan penyerbukan sendiri, tetapi tidak tertutup kemungkinan untuk penyerbukan silang.



(Kishore, 2014)

Gambar 2.10  
Bunga tanaman tembakau.

#### 2.2.3.5 Buah

Tembakau memiliki bakal buah yang berada di atas dasar bunga dan terdiri atas dua ruang yang dapat membesar, tiap-tiap ruang berisi bakal biji yang banyak sekali. Penyerbukan yang terjadi pada bakal buah akan membentuk buah yang berwarna hijau. Sekitar 3 minggu setelah penyerbukan, buah tembakau akan masak dan berwarna coklat. Setiap pertumbuhan yang normal, dalam satu tanaman terdapat lebih kurang 300 buah. Buah tembakau berbentuk bulat lonjong dan berukuran kecil, di dalamnya berisi biji yang bobotnya sangat ringan (Suwarso *et al.* 2016).

#### 2.2.3.6 Biji

Dalam setiap gram biji berisi  $\pm 12.000$  biji. Jumlah biji yang dihasilkan pada setiap tanaman rata-rata berjumlah 25 (Suwarso *et al.* 2016).

#### 2.3.3 Habitat

*Nicotiana tabacum L.* merupakan tanaman semusim yang berbentuk perdu, Tanaman tembakau tumbuh baik pada ketinggian 1-1200 m dpl. Tembakau sensitif terhadap suhu, udara, kelembaban tanah dan jenis tanah. Suhu 20-30° C (68-86° F) merupakan suhu optimal untuk pertumbuhan yang memadai. Kelembaban atmosfer 80% sampai 85% dan tanah tanpa tingkat nitrogen tinggi juga merupakan syarat utama tumbuh optimal (Suwarso *et al.* 2016).

#### 2.3.4 Kandungan utama

Tembakau (*Nicotiana tabacum L.*) merupakan bahan dasar pembutan rokok. Bagian tumbuhan yang digunakan adalah daun dan batangnya. Umumnya menggunakan daun karena lebih praktis, tetapi karena daun memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi, maka digunakan limbahnya berupa batang dan sisa-sisa daun yang tidak terpakai karena mengandung bahan aktif yang sangat tinggi, yaitu nikotin ( $\beta$ -pyridil- $\alpha$ -N-methyl pyrrolidine), senyawa organik yang sangat spesifik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa banyak sekali faktor yang mempengaruhi kadar nikotin pada tembakau. Seperti jenis tembakau, karena setiap jenis tembakau diberi perlakuan budidaya yang berbeda agar diperoleh karakter yang dikehendaki. Kadar nikotin tanaman tembakau Temanggung 3-8%,

tembakau Virginia FC 1,5-3,5%, tembakau Madura 1-3,5%, tembakau cerutu 0,9-2,68%, dan yang terendah Lumajang VO 0,5-0,7%. Pengaruh jarak tanam adalah jarak tanam yang sempit kandungan nikotin lebih rendah dibandingkan jarak tanam yang lebar kadar nikotinnya lebih tinggi. Semakin tinggi dosis pupuk maka semakin tinggi kadar nikotinnya. Kadar nikotin di lahan sawah 1,05-1,90%, sedang di lahan tegal 3,09-5,00%. Dinyatakan bahwa penyebaran zat-zat di dalam tiap-tiap daun tidaklah sama, sedangkan letak daun pada batang juga digunakan untuk menentukan *grade* dan kualitas daun. Kadar nikotin meningkat dari bawah ke atas dan kenaikan terbesar pada daun pucuk (Cahyandaru dan Gunawan, 2010).

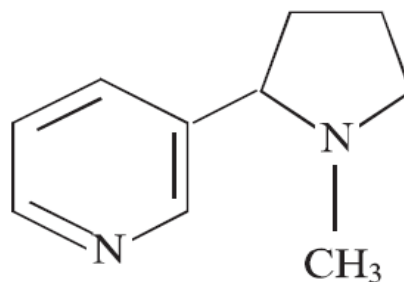
Tabel 2.3 Kadar Nikotin Varietas Tembakau Lokal

No.	Varietas Tembakau	Kadar Nikotin
1.	Temanggung	3% - 8%
2.	Virginia FC	1,5% - 3,5%
3.	Madura	1% - 3,5%,
4.	Cerutu	0,9% - 2,68%,
5.	Lumajang VO	0,5% - 0,7%

Sumber: Cahyandaru dan Gunawan, 2010

Alkaloid merupakan bahan aktif yang terkandung dalam tembakau. Alkaloid utama adalah nikotin yang berperan dalam memberikan efek pada rokok. Alkaloid pada umumnya adalah zat yang terasa pahit, dalam tubuh kita yang dapat menimbulkan dampak fisiologis yang hebat. Alkaloid lain yang telah berhasil di isolasi adalah *nornikotin*, *anabasin*, *konitin*, *norkotin*, dan *nikotin N-oksida* (Cahyandaru dan Gunawan, 2010).





(Cahyandaru dan Gunawan, 2010)

Gambar 2.11

Struktur kimia nikotin

Tembakau juga mengandung senyawa alkaloid lain seperti *anabarine*, *anatobine*, *myosine*, *nicotinoid*, *nicotelline*, *nicotylene*, dan *pirolidine* yang dapat bertahan selama seminggu. Nikotin pada tembakau dapat bersifat repelen (penolak serangga), fungisida, akarisida, dan nematisida (Suwarso *et al.* 2016). Tembakau juga mengandung saponin dan polifenol (Palennari dan Hartati 2009).

Tabel 2.4 Kandungan Utama Tanaman Tembakau

No.	Kandungan Senyawa Aktif
1.	Nikotin
2.	Saponin
3.	Polifenol

Sumber: Palennari dan Hartati, 2009

Saponin merupakan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan terutama dihasilkan oleh tanaman dikotil, berperan sebagai bagian dari sistem pertahanan tanaman, dan termasuk dalam kelompok besar molekul pelindung tanaman. Saponin diketahui mempunyai efek antiserangga karena dapat menurunkan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan. Saponin juga diketahui dapat masuk ke tubuh melalui saluran pernapasan dan menyebabkan membran sel rusak atau proses metabolismenya terganggu. Beberapa senyawa golongan saponin juga memiliki efek antimikroba dan antijamur. Saponin larut dalam air tetapi

tidak larut dalam eter. Saponin juga dapat mengikat sterol bebas dalam makanan. Sterol merupakan senyawa yang berperan sebagai prekursor hormon edikson. Apabila terjadi penurunan sterol bebas akan mengganggu proses pergantian kulit pada serangga. Saponin juga dapat menurunkan tegangan permukaan selaput mukosa traktus digestivus larva karena mengandung steroid. Steroid dapat mengakibatkan terjadinya korosi pada selaput dinding traktus digestivus (Abdullah, 2014).

Senyawa polifenol adalah senyawa yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan yaitu memiliki kemampuan menurunkan proses pencernaan makanan pada serangga dengan mekanisme menurunkan aktivitas enzim pencernaan. Polifenol juga mampu mengganggu aktivitas penyerapan protein pada dinding usus. Respon jentik nyamuk pada senyawa ini adalah menurunnya laju pertumbuhan dan gangguan nutrisi. Kandungan polifenol pada tembakau juga dapat membunuh serangga seperti nyamuk dengan cara masuk melalui *proboscis* dan permukaan kulit kemudian menghancurkan spirakel (alat pernapasan nyamuk) sehingga nyamuk mengalami gagal napas (Abdullah, 2014).

#### 2.3.5 Manfaat

Tembakau tersebar di seluruh Indonesia dan memiliki banyak manfaat terutama untuk bahan baku pembuatan rokok. Selain itu tembakau juga dimanfaatkan orang sebagai kunyahan (Jawa: *susur*), terutama di kalangan ibu-ibu di pedesaan (Susilowati, 2006). Selain memberikan efek yang negatif pada manusia, daun tembakau juga mempunyai manfaat. Manfaat tembakau diantaranya sebagai antioksidan karena mengandung

polifenol, yaitu *chlorogenic acid* yang dapat menangkal radikal bebas, sebagai insektisida penggerek batang padi, dan sebagai pewarna pada proses pencelupan kain sutera yang menggunakan mordan jeruk nipis (Palennari dan Hartati, 2009).

Tembakau sebagai salah satu jenis tanaman insektisida botani yang ekstraknya dapat digunakan untuk membunuh serangga-serangga pengisap pada tumbuhan hias. Setelah itu nikotin dijual sebagai insektisida dirumah-rumah dan kebun. Bagian yang sering digunakan adalah bagian daun dan batang. Daun tembakau kering rata-rata mengandung 2 – 8% nikotin. Daun tembakau juga berkhasiat sebagai obat luka. Kandungan kimianya mengandung alkaloid nikotin, saponin, dan polifenol (Palennari dan Hartati, 2009). Tanaman tembakau dapat dijadikan sebagai pestisida organik karena kandungan nikotinnya yang tinggi terutama pada bagian daun atas mampu mengusir hama pada tanaman, sehingga tembakau bukan hanya digunakan untuk konsumsi rokok semata, tetapi bisa diolah menjadi pestisida organik (Sujak dan Diana, 2012).

Landoni (1991) menjelaskan bahwa nikotin dapat menyerang sistem saraf serangga khususnya saraf otot yang menyebabkan saraf ini tidak aktif, akibatnya mati. Mekanisme penetrasi senyawa tersebut diawali dengan penembusan membran sel oleh nikotin menyerupai *acethylcoline*, kemudian mengikat *nicotinic Acethylcoline Receptors (nAChRs)* pada sinaps neuron akibatnya akan terjadi tarikan saraf sehingga saraf rusak atau tidak berfungsi yang menyebabkan kematian. Selain itu, dilaporkan bahwa nikotin dapat menghambat sinaps yang berasosiasi dengan motor saraf.

Gejala intoksikasi nikotin pada mamalia berupa eksitasi, kejang, tubuh menjadi lemah dan akhirnya mati. Pada konsentrasi rendah nikotin menstimulasi denyut jantung, sedangkan pada konsentrasi tinggi nikotin dapat mengurangi denyut jantung (Rohman, 2007).

## 2.4 Persiapan

### 2.4.1 Perolehan Nyamuk

Nyamuk *Culex sp.* didapatkan dari *Institute of Tropical Medicine* Universitas Airlangga, Surabaya. Sebelum digunakan sebagai subjek penelitian, nyamuk *Culex sp.* akan diperiksa oleh pakar parasitologi dan entomologi.

### 2.4.2 Sangkar

Nyamuk *Culex sp* dimasukkan ke dalam sangkar kaca berukuran 25 cm x 25 cm x 25 cm. Nyamuk dimasukkan ke dalam sangkar menggunakan aspirator. Sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 20 ekor nyamuk *Culex sp.* dewasa (WHO, 2013).